©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ein Beitrag zur Geologie und Lagerstättenkunde (Chromerz- und Nickellagerstätten) basischer Gesteinszüge in Griechenland

Von G. Hießleitner und E. Clar[1]

Mit 1 Beilage und 4 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. Juni 1951)

Im Sommer 1943 hatten wir Gelegenheit, eine längere geologische Untersuchungsreise im griechischen Erzbergbau durchzuführen. Juni 1944 fand eine kürzere Wiederholung und Ergänzung dieser Reise statt. Beide Male lag eine Hauptaufgabe in der Beurteilung der Chromitlagerstätten. Diese Aufgabe konnte zwar nur für einen Ausschnitt, allerdings den größeren Ausschnitt der griechischen Chromerzlagerstätten, gelöst werden, und zwar für sämtliche Reviere der Chalkidike, für den Chromerzbergbau Domokos in Mittelgriechenland, für das Chromerzrevier Rodiani im Gebiet

[1] Im Sommer 1944 hatten wir diese damals bereits fertiggestellte Arbeit an weiland Hofrat Dr. O. Ampferer, wirkl. Mitglied der Akademie der Wissenschaften, brieflich angekündigt gehabt mit der Bitte, dieselbe zwecks Aufnahme in die „Denkschriften" vorzulegen. — Die letzten schweren Monate der Kriegszeit, an deren Ende der Zusammenbruch stand, und als Folge weitere Jahre der Not, haben unsere Bemühungen um die Herausgabe dieser Arbeit gehemmt. Inzwischen hat der eine der Verfasser sein schon lange in Ausführung stehendes Vorhaben zu Ende gebracht, eine ausführliche, den ganzen Balkan und einen Teil Kleinasiens umspannende Darstellung der Serpentin- und Chromerzphänomene zu geben (G. Hießleitner: „Serpentin- und Chromerz-Geologie der Balkanhalbinsel und eines Teiles von Kleinasien", Verlag Geologische Bundesanstalt Wien 1950/51, Sonderband Jahrbuchreihe zur 100-Jahr-Feier der Anstalt 1951, im Druck). Trotzdem ist für die hier vorgelegte kurze Abhandlung — aus einer Gemeinschaftsarbeit im Gelände hervorgegangen — auch weiterhin ihr selbständiges Erscheinen gerechtfertigt und wird auch in der umfassenden Serpentin- und Chromerz-Geologie vorausgesetzt und darauf Bezug genommen. Dem Verlag der Geologischen Bundesanstalt aber sei gedankt für die Überlassung des Druckstockes zur Beilage.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

des Olymps. Tsangli im Gebiet des Golfes von Volos sowie zahlreiche kleinere Vorkommen im Bereich des Olymps blieben bisher außerhalb unserer Begehungen.

Zu den Untersuchungsarbeiten im griechischen Chrombergbau kamen noch die Begehungen und Befahrungen anderer griechischer Erzbergbaugebiete hinzu, insbesondere hatten die in Abhängigkeit von Nähe basischer Gesteine auftretenden Nickelerzlagerstätten an der Ostküste Griechenlands gegenüber Euböa unser Interesse.

Wir beabsichtigen mit dieser Studie nur kurz die allgemeinen Ergebnisse unserer Untersuchungen, bisher zum Teil in unveröffentlichten Berichten niedergelegt, vorzubringen, ohne auf die Einzelheiten der Lagerstätten selbst näher einzugehen. Wir legen aber bereits hier als Ergebnis unserer geologischen Aufnahmearbeiten auf der Chalkidike den Ausschnitt einer geologischen Karte vor (Beilage), welche die Feingliederung der basischen Gesteinszüge besonders berücksichtigt.

An die Untersuchungen in den griechischen Chromerzrevieren sind wir mit den Erfahrungen aus dem übrigen balkanischen Chromerzbergbau herangetreten. Die Beurteilung von Chromerzlagerstätten darf sich ja heute nicht mehr darauf beschränken, nur Lagerstätten und Nebengestein ins Auge zu fassen, sondern es müssen Verbands- und Zonenverhältnisse, vor allem auch der Innenbau der basischen Gesteinsmassen in Gesamtheit zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht werden, wenn größere Ausblicke, auch solche in praktisch-geologischer Hinsicht, von solchen Untersuchungen erwartet werden sollen.

Der eine von uns, G. Hießleitner, hat eine vor dem Abschluß stehende ausführliche Arbeit über die „Serpentin- und Chromerz-Geologie des Balkanraumes und Kleinasiens“ in Bereitschaft, worin die Ergebnisse langjähriger Studien an den geologischen Fragen basischer Gesteine, vor allem des Balkans und ihrer Lagerstätten niedergelegt sind. Dieser Arbeit entnommen, ihr vorgegriffen, wird bereits hier die geologische Kennzeichnung des dort aufgestellten „Raduschatyp“ der Chromerzlagerstätten des Balkans angeführt, benannt nach dem Chromerzrevier Raduscha bei Skoplje, Mazedonien, wo dieser Typ am klarsten verkörpert ist. Ihm gegenüber wird der gemeinsam mit E. Clar erkannte „Ormigliatyp“ der balkanischen Chromerzlagerstätten gestellt, der auf der Chalkidike seinen bezeichnendsten Vertreter hat.

Bekanntlich liegen die Chromerz führenden Serpentinzüge Griechenlands in der streichenden Fortsetzung der mazedonisch-albanischen Vorkommen. Für die Betrachtung der Gesamtübersicht

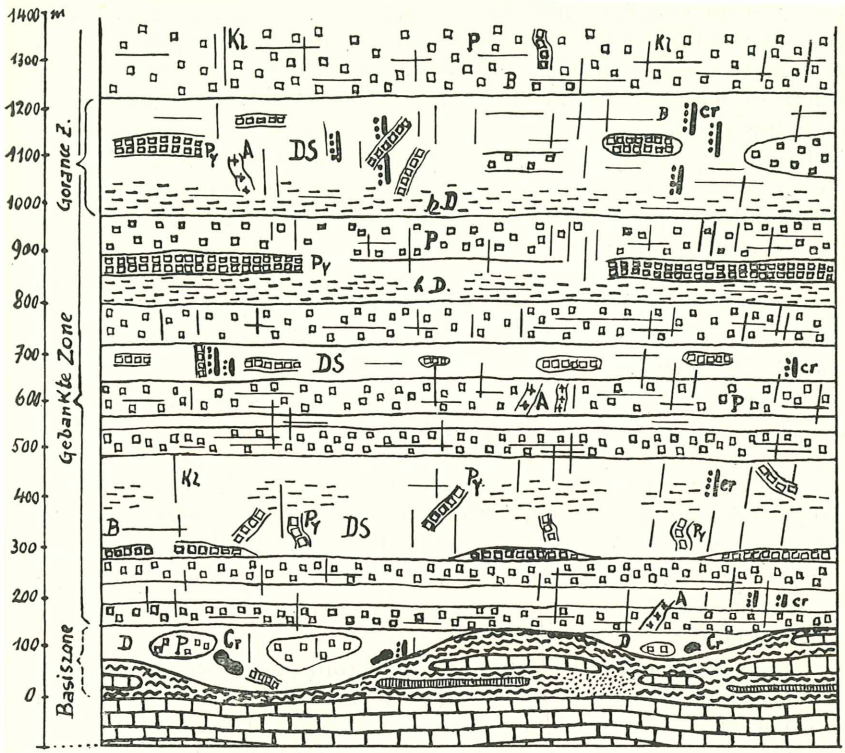


Abb. 1. Der „Raduschatyp" der Chromerzlagerstätten des Balkanraumes (nach G. Hießleitner).

Querprofil durch den magmatischen Lagenbau des Chromerz führenden Serpentinmassivs bei Raduscha nächst Skoplje, Mazedonien. (Etwas schematisiertes Sammelprofil; nur im Großaufbau maßstabrichtig, Lagerstätten und Pyroxenitausscheidungen sowie Gabbroaplit übertrieben groß gezeichnet.)

Bedeutung der Zeichen:

a) Unterlage des Serpentinmassivs: kristalline Kalke (Mauersignatur); Phyllite, sandige Phyllite (Wellenlinien); Sandstein, Sandsteinschiefer und Quarzitschiefer, Kieselschiefer in Jezerina (punktiert); Grünschiefer (vertikale Schraffen).

b) Serpentinmassiv: D, DS = Dunit bzw. Dunitserpentin; h. D. = harter, minderserpentinisierter, noch reichlich Olivin enthaltender Dunit; P = Pyroxenperidotit, meist Harzburgit; Py = Pyroxenit in Lagen, Gangschlieren, Bändern; A = Gabbro-Pegmatit und -Aplit.

Cr = stockartige Chromerzvorkommen, vornehmlich in der Basiszone.

cr = plattige Chromerzvorkommen, Schlierenplatten, meist in den hangenden Dunitzonen verbreitet. Plattenrichtung ist parallel zugeordnet einer steil in die Tiefe setzenden, zur magmatischen Schichtungsebene fast senkrecht stehenden Abkühlungsklüftung Kl.

B = flache, der magmatischen Schichtebene ungefähr parallele Bankung bzw. Abkühlungsklüftung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

dieser Serpentinzüge sind für den mazedonisch-albanischen Raum geologische Übersichtskartenaufnahmen von Nopcsa, Nowack und Kossmat grundlegend, auch eine Reihe eigener Aufnahmeausschnitte und Profilserien stehen hier zur Verfügung.

Für Bosnien und Serbien wie für den ganzen Umfang des früheren Jugoslawien dient die geologische Übersichtskarte von Petković, welche die älteren Aufnahmen von Serpentingebieten, insbesondere solche von Ampferer, Hammer, Loczy, Katzer und anderen, verwertet.

Für den altbulgarischen Raum liegen für unsere Belange neben der Übersichtskarte von St. Bončev unter anderem Studien von W. E. Petrascheck, St. Dimitrov und eigene Beobachtungen vor.

Für Südmazedonien und Nordgriechenland besteht als neuestes Kartenwerk die geologische Aufnahme von Osswald, der mittel- und südgriechische Teil findet sich nur auf der älteren (1880) Karte von Neumayer, Bittner und Teller, noch unvollständig, dargestellt. In geologisch-tektonischer Hinsicht bringt 1942 C. Renz eine Übersichtskarte der Gebirge Griechenlands.

Für den Verlauf der Serpentinzüge von Albanien—Mazedonien nach Griechenland ergibt sich folgendes:

In Nordmazedonien teilt das „pelagonische" Kristallinmassiv ungefähr bei Kossovska Mitrovica die aus NO, Westserbien und Bosnien zuscharenden Serpentinzüge in zwei Äste; der westliche Zug baut die breiten Peridotit-Gabbro-Diabas-Massive Albaniens auf; der östliche Zug mündet in die Vardar-Schuppenzone und erscheint hier verdoppelt, als eine westliche Zone mit den bedeutenden Chromerzrevieren zwischen Vardar und Lepenac (Jezerina und Raduscha) und, durch den Kristallin- und Halbkristallinstreifen der Skopljer Schwarzen Berge getrennt, im Osten als der Chromerz führende Serpentinzug von Lojane.

In allen Zonen ist sowohl unmittelbarer Verband des Serpentins mit Kristallin als auch Einschaltung der Serpentine in halbkristalline, metamorphe paläozoische Serien zu beobachten.

Noch weiter im Osten der Vardarzone bestehen Serpentineinschaltungen im Zentralzug des Rhodope-Kristallins Süd Küstendjil, die erst kürzlich von Prof. Dimitroff, Sofia, beschrieben wurden.

In der äußeren Ostrhodope finden sich, gleichfalls im Kristallinverband, die Chromitserpentine von Momschilgrad und Krumovgrad (Gol. Kameniane), ferner knapp jenseits der bul-

garischen Grenze auf altgriechischem Boden, in Thrazien, jene von Soufflion und Sinikli.

Das albanische Serpentinstreichen führt über die albanische Grenze bei Pogradec am Ochridasee in den westlichen Abschnitt der nordgriechischen Chromreviere, in die Chrombergbaugruppe Rodiani—Chromion des Olympgebietes. Die östlicher gelegenen Vorkommen des Olympgebietes würden nach Norden über die Gruben von Verria, Naussa, ferner Kerasia und Polykarpi etwa den Anschluß an die tektonisch eingeklemmten Serpentinzüge von Alschar—Roschden in Südmazedonien finden und damit bereits in die Serpentinzüge der Vardar—Lepenac-Serie einspielen.

Dem Zug von Lojane in Nordmazedonien entsprechen im Weiterstreichen gegen SO — wieder jenseits eines Kristallinstreifens — noch in Mazedonien die Chromit führenden Serpentinzüge von Veles, Valandovo und unter Abbeugung der Streichrichtung mehr nach Süden die breite Serpentinzone un mittelbar Ost Saloniki, die durch die ganze West-Chalkidike streicht und bei Ormiglia im Golf von Kassandra unter dem Meere verschwindet.

Auffällig ist, daß die beiden, bei Skoplje genäherten basischen Züge der Vardarzone gegen Süd stark auseinanderstreben und zwischen ihnen sowohl Kristallin als auch das große Gabbro-Diabas-Massiv von Djevgelia erscheinen. Der westliche der beiden Züge verläßt gegen Süden das engere Streichen der Vardarzone und gliedert die südöstliche Fortsetzung des pelagonischen Kristallins auf.

Mit den Serpentinen der zentralen Rhodope vergleichbar sind die teilweise Chromerz führenden Serpentinzüge in der Ost-Chalkidike, Gomati, Stratoni und (nach Osswald) Nigrita.

Über die Stellung der mittelgriechischen Chromite und Serpentine von Domokos und Tsangli enthalten wir uns Aussagen, da uns das Studium der Verbandsverhältnisse dort nicht bzw. für Domokos nur zum Teil möglich war. Nach mündlicher Mitteilung von Dr. G. Ufer steht der Serpentin der Chromerzvorkommen von Tsangli im Verband mit metamorphen paläozoischen Schiefern vom Raduschatyp; die Chromerzlagerstätten seien in auffällige Nähe zu den Schiefer-Kontakten gerückt. Die Quererstreckung West—Ost des Serpentinzuges Domokos—Tsangli ist, wie auch der gleiche Verlauf des Serpentins von

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Euböa, bereits auf der tektonischen Karte von Neumayer ersichtlich.

Über eine eigene geologische Detailaufnahme von Zonen mit Einschaltungen basischer Gesteine verfügen wir als derzeitiges (1943) Arbeitsergebnis aus Griechenland nur für einen größeren Ausschnitt aus der Chalkidike. Wir heben daraus hervor (siehe Beilage): Aus dem Verband der basischen Gesteine in der Westchalkidike mit Kristallin, der sich unter Einschalten von massigen, aber auch bereits geschieferten Gabbrogesteinen beiderseits im Kristallin vollzieht, wird der Eindruck gewonnen, daß auch die basischen Gesteine, zumindest randlich, einen letzten Anteil der Gesamtmetamorphose des Kristallins noch erlitten haben. Diese Feststellung ist für die Beurteilung der Altersfragen der basischen Gesteine bedeutsam, auf welche Zusammenhänge wir hier jedoch nicht eingehen.

An den Serpentinzug von Wafdos—Ormiglia schließt sich östlich eine phyllitische Serie an, stark gefaltet und gestaucht, mit eingelagerten Quarzmassen, Quarziten und kristallinen Kalken verschiedener Ausbildung, auch Kalkbreccienschiefer sind vertreten. Die ganze Osthälfte der Chalkidike wird von Altkristallin eingenommen, hauptsächlich aus Paragneisen, Amphiboliten und Serpentin bestehend; das Kristallin steht in unmittelbarem Zusammenhang mit jenem der Rhodope. In der Kristallinserie stecken weitgedehnte Granitmassive (siehe Profil bei Arnea).

Der Bau dieser kristallinen und halbkristallinen Serien der Chalkidike scheint ungeachtet des Vorherrschens der dinarischen NW—SO-Tektonik noch Eigenzüge älterer Tektonik bewahrt zu haben.

Von unmittelbarer Bedeutung für die Beurteilung der Chromerzlagerstätten war die Untersuchung des Innenbaues der basischen Gesteinsmassive, deren Zonengliederung. Solche Untersuchungen haben seit einer Reihe von Jahren im mazedonischen Chrombergbau mit Erfolg ihre Anwendung gefunden.

Es ergab sich, daß der Chromerz führende basische Zug der Westchalkidike Saloniki—Wafdos—Ormiglia, der 50 km Streichlänge umfaßt, einen durchlaufenden großzügigen Zonenbau aufweist, seiner Längserstreckung und damit auch dem Streichen seiner Hüllserien parallel verlaufend.

Im einzelnen: Der NO-Rand ist erfüllt von einer Gabbro-Pyroxenit-Zone wechselnder Breite, mitunter knopfartig anschwellend; ihm folgt, mit steilem Rand angelagert, eine hauptsächlich

dunitische Zone mit bei Ormiglia, z. T. auch noch bei Wafdos flözartiger Verbreitung von Chromerzvorkommen im selben magmatischen Schichthorizont und mit diesem paralleler Bandstruktur des Sprenkel- und Derberzes — Ormigliatyp von Chromlagerstätten. Südwestwärts schließt sich eine zentrale Pyroxenitzone an, oft als Härtlingskette hervorragend, gefolgt von einem weiteren Peridotitzug, der aber hauptsächlich aus Pyroxenperidotit besteht, z. T. gebankt, mit unregelmäßiger Verteilung von Chromerzkörpern in kleineren Dunitschollen. In letzterer Zone treten wiederum Gabbroeinschaltungen auf, die dann am SW-Rand eine mehr oder weniger geschlossene Grenzzone zum Kristallin abgeben, auch im Kristallin noch erscheinen und mit diesem verschweißt sind.

Abb. 2. Der „Ormigliatyp" der Chromerzlagerstätten im Balkanraum (schematischer Querschnitt durch die basische Zone von Ormiglia auf der Chalkidike, Griechenland).

S = Dunitserpentin, zum Teil verkieselt; D = Dunit; Cr_1 = flözartig im magmatischen Schichtpaket liegende Chromerzführung (= Ormigliatyp), Cr_2 = Chromitschliere; Py = Pyroxenit; P = Pyroxenperidotit; A = Amphibolit; Ga = Gabbro; Gr = Granit-(Pegmatit-)durchbrüche.

In Ormiglia selbst liegt (Abb. 2) das Chromerz-„Flöz" gleichmäßig in etwa 800 m Abstand unterhalb der hangenden Pyroxenit-Gabbro-Zone, der auch primär-geschlichtete Hornblendefelse eingeschaltet sind. Die Chromerzführung ist jedoch nicht durchlaufend, sondern innerhalb derselben magmatischen Schichtebene linsenartig aufgelöst, im Streichen ausdünnend. Die Mächtigkeit schwankt von einigen Zentimetern bis zu mehreren Metern Breite der Schlierenbänder, wobei die gesteigerte Mächtigkeit durch plötzliche Anlagerung neuer Erzbänder zustande kommt.

Das dunitische Nebengestein in Ormiglia ist, von der einstigen Oberfläche aus gemessen, sekundär und tiefreichend durch thermale Durchtränkung im Gefolge der jungvulkanischen Hochbrüche in Mitteltertiärzeit zersetzt, zu einem kieselreichen Serpentin umgewandelt, der von gelbbraunen Hornsteinbändern durchzogen wird. Auch die Hornsteinbänder liegen parallel zur magmatischen Schichtebene; sie werden von jüngerem Magnesitgangnetzwerk durchbrochen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die für die Serpentinzone der Westchalkidike erkannte Zonengliederung läßt sich, wenn auch in abgeschwächtem Maße und infolge tektonischer Durcharbeitung mehr verwischt, noch im Lagenbau der Chromerz führenden Dunit-Pyroxenit-Massen von Lojane wiedererkennen, im selben Serpentinstreichen gelegen, 200 km von Ormiglia entfernt. Als Zwischenstück, ebenfalls mit Erscheinungen von Zonenbau und Flözcharakter der Chromerzlagerstätten, hat Valandovo südlich Strumica zu gelten.

Die hauptsächlichste Chromerzführung des Lojanezuges (Zentrale Lojane, Suha reka, nebst vielen kleineren Vorkommen) liegt in einem und demselben Dunitstreifen. Es war schon lange auffällig, daß ein Teil dieser Lagerstätten auch ungefähr in einem gleichen Dunitniveau, von der magmatischen Schichtung her gesehen, zu liegen kommt, durch Ausbisse und Schürfe gut verfolgbar. Die Lagerstätten selbst, die auch stockförmig entwickelt sein können, sind aber, wenn Ausbildung als Schlierenplatten vorliegt, eigenständiger hinsichtlich Platteneinfallen gebaut als der eigentliche Ormigliatyp, die Plattenrichtung in Lojane ist nicht in die magmatische Schichtebene eingeordnet, sondern unabhängig von dieser ausgebildet.

In Valandovo ist nur eine kleine, wenige Quadratkilometer umfassende Serpentinscholle vorhanden, in besonderer tektonischer Position, zwischen älteren und jüngeren Gesteinen eingeklemmt, mit Anzeichen inverser Lagerung. Am Westrand ist der Serpentin auf kaum metamorphe, bunte Sandsteine, vermutlich der Kreide, aufgeschoben; der Ostrand, wahrscheinlich überkippt, taucht unter Phyllite und Grünschiefer. Immerhin ist auch in Valandovo magmatischer Lagenbau noch zu erkennen. Die Erz führende Dunitzone liegt hier über Pyroxenperidotit bzw. Pyroxenit und birgt innerhalb 100 m Abstand von dieser Grenze eine flözartige Chromerzführung, oft weniger als meterstark, doch derzeit schon über 130 m Länge erschlossen. Sowohl im Liegend als im Hangend vom „Hauptflöz“, einige 10 m von diesem entfernt, treten weitere, doch schmächtige und wenig anhaltende parallele Erzlagen auf. In Valandovo ist, zum Unterschied von Ormiglia, die Textur des Chromerzes der Flöze eher eine massige, zu massig kristallinem Derberz angereichert, mit Serpentin in den Kornzwickeln.

Die Eigenart der Lojane-Chromlagerstätten bildet bereits einen Übergang zum Raduschatyp von Chromvorkommen. Der Raduschatyp — weitere Einzelheiten werden von Hießleitner an anderer Stelle gebracht — stellt hinsichtlich plattigbänderigen Erzschlieren, der „Schlierenplatten“, die überwiegend

vorfindbare Gesetzmäßigkeit heraus, daß die Plattenrichtungen schräg, ja fast senkrecht zu den Ebenen der magmatischen Schichtung verlaufen, dabei aber die Erzplattenebenen einer bestimmten, über große Räume regelmäßig quer- und tiefgreifenden Abkühlungsbankung der Peridotitmassen parallel gehen.

Das etwas schematisierte Querprofil (Abb. 1), als Sammelprofil gedacht, durch den magmatischen Lagenbau des Raduscha-Serpentinmassivs, im Abschnitt Raduscha—Gorance, zeigt als weitere Eigentümlichkeit das Vorhandensein einer Basiszone mit stockartigen Vorkommen von meist massig-kristallinen Derberzen. Die Pyroxenperidotitmassen und der Dunit, in letzterem die Chromerzanhäufungen, bilden in der Basiszone eher ein unregelmäßiges Nebeneinander der einst verschieden zähflüssig und unmischbar gewesenen Gesteinsmassen, denn einen Lagenbau. Anzeichen für ein manchenorts sackartiges Eintauchen der Basiszone in die Unterlage sind vorhanden; doch ist die Trennung nach tektonischen oder magmatischen Ursachen dieses Phänomens noch etwas unsicher.

Die plattigen Sprenkelerzlagerstätten des Raduschatyps sind meist erst in den höheren, durch gebankte sterile Pyroxenperidotit-Zwischenlagen getrennte Dunitmassen enthalten. Diese Wechsellagerung Pyroxenperidotit und chromitführender Dunit ist als gebankte oder mittlere gebankte Zone zu bezeichnen, in deren oberen Abschnitt eine besonders chromreiche Dunitlage (= Gorancezone) ausgebildet ist. Die endgültige Erstarrung des Massivs hat den bereits ins Gleichgewicht gekommenen, durch Viskositätsunterschiede und Unmischbarkeit mitbedingten Lagenbau der basischen Gesteinsteige gleichmäßig erfaßt, eine über Gesteinsgrenzen hinweggreifende Abkühlungsbankung aufprägend, der die Schlierenplatten mehr oder weniger einorientiert sind.

Im einzelnen kann in der Plattenlagerstätte nach Raduschatyp ebenfalls Parallelanordnung von Erzkornreihen mit Dunit, Pyroxenit oder Gabbropegmatitbändern zutreffen; dies geschieht aber unabhängig von der magmatischen Großschichtung, dem Ormigliatyp daher nicht unmittelbar vergleichbar.

Übergänge von Raduschatyp zu Ormigliatyp sind aber fallweise feststellbar; die schon erwähnten Lojane-Lagerstätten stellen einen solchen dar.

Den Ormigliatyp kennen wir bislang nur aus dem östlichsten der basischen Züge im Bereich der Vardarzone; er erscheint hier als Typ in einem mächtigen, etwa der Basiszone von Raduscha gleichzustellenden Dunitniveau. Aber auch in höheren Lagen ist hier die Tendenz zu flözartiger Entwicklung im Gegensatz zum Radu-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schatyp erkennbar, womit offenbar vom Raduschatyp verschiedene, die ganze Masse betreffende Erstarrungsbedingungen abgebildet sind.

Die Lagerstätten von Rodiani, Domokos und Tsangli stehen in formaler Hinsicht den stockförmigen Chromerzkörpern der Basiszone in Raduscha nahe.

Der Chromgehalt des Chromits scheint ganz allgemein in Beziehungen zu stehen zur petrographischen Ausbildung des Hüllgesteins als auch — unmittelbar — bis zu einem gewissen Grade zonengebunden zu sein. Diese Abhängigkeit zeigt sich im großen in der Zuordnung gleicher Erzarten zu den regionalen Zonen der basischen Gesteinszüge; im kleinen zeigt sich, daß die Cr-ärmeren, Fe- und Al-reicheren Chromitmoleküle in Lagerstätten dort verbreitet sind, wo die Lagerstätte entweder unmittelbar an Pyroxenperidotit, also dem sauereren basischen Gestein, grenzt oder von diesem nur durch eine mehr minder dünne Dunithaut abgetrennt erscheint, in der Regel überhaupt nur in Peridotitzonen auftreten, denen größere Dunitmassen fehlen. So erscheinen Fe-reichere bzw. Al-reichere Chromerze einerseits in einigen der westlichen basischen Gesteinszüge (beispielsweise Domokos, Rodiani in Griechenland, z. T. Djakowa an der albanisch-mazedonischen Grenze, Borja in Bosnien), andererseits in einzelnen Vorkommen des Rhodopekristallins (z. B. Gomati auf der Chalkidike, Golemo Kameniane in Ostbulgarien, Sinikli in Thrazien).

Im Gesamtaufbau Chromerz führender Peridotitmassen nach Raduschatyp und Ormigliatyp macht sich noch folgende Verschiedenheit in den magmatischen Vorgängen bemerkbar: in Peridotitmassiven mit Chromerz nach Raduschatyp sind höher kieselige, feldspatreiche Gesteine, Gabbro und Norite — von der kleinen Verbreitung der Gabbropegmatite abgesehen — nicht mehr in den magmatischen Lagenbau einbezogen, sondern erscheinen als etwas jüngere, richtige Durchbruchgesteine. Die Aufschlüsse in Bosnien und im mittelalbanischen Chromerzdistrikt rücken diese Tatsachen in großartigem Ausmaße vor Augen. Anders in den basischen Massiven mit Chromerz nach Ormigliatyp, wo Gabbro meist gleichzeitig, nur viskos unterschieden, mit den Peridotitmassen hochgekommen und noch der Gesetzlichkeit des magmatischen Lagenbaues gemeinsam mit den verschiedenen Peridotit- und Pyroxenitgesteinen unterlegen ist.

Die Erkenntnis innerer Zonengliederung basischer Gesteinsmassen des Balkans und ihre Bedeutung für die Geologie der Chromerzlagerstätten — erstmalig für das Peridotitmassiv von Raduscha erkannt und ausgewertet (Hießleitner, Festschrift

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

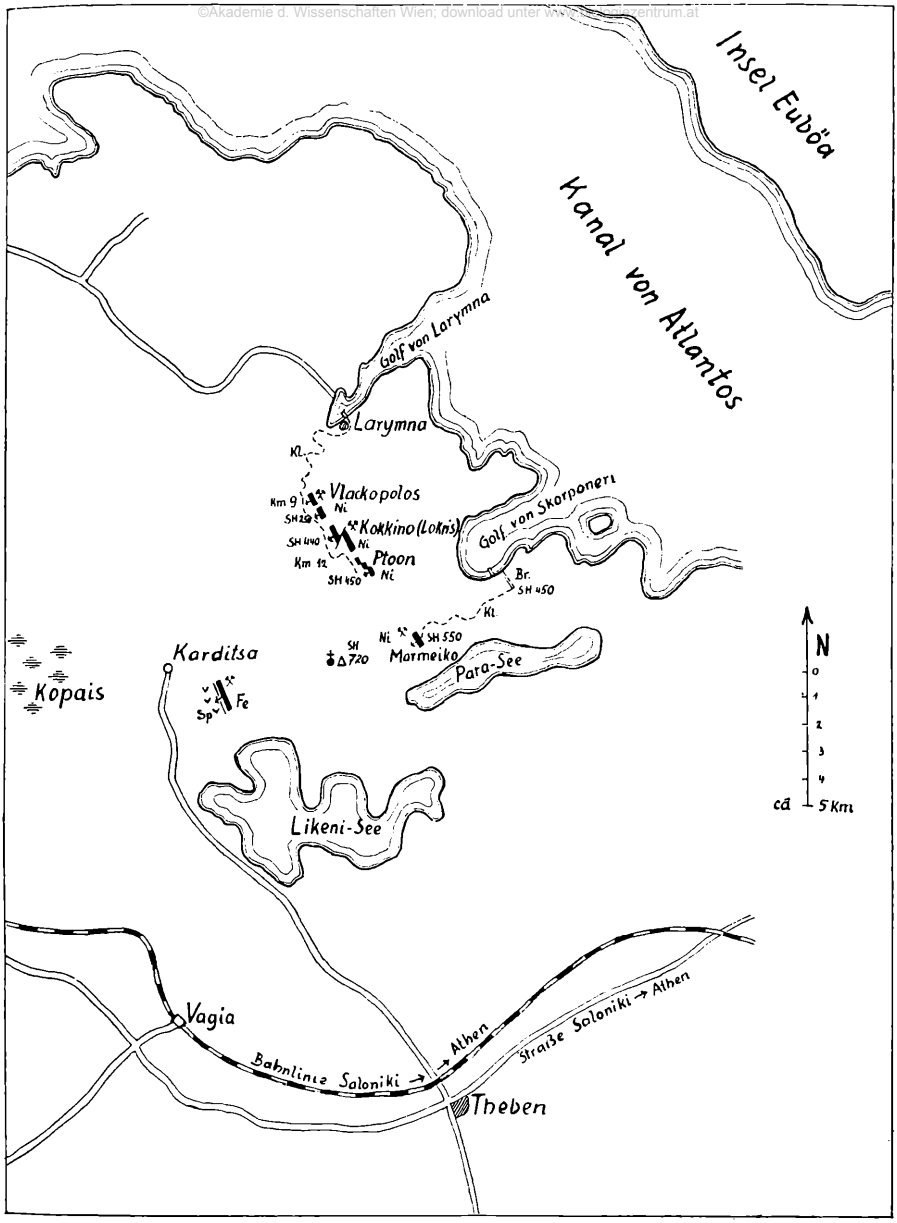


Abb. 3. Übersicht der Nickelerzvorkommen im Norden von Theben (Mittelgriechenland).

Ni = Nickelerzvorkommen (in Verbindung mit Ni-armen Fe-oolithen); Fe = Eisenoolithe allein (nickelarm); Sp = Serpentin; ⚒ = Bergbaue; Kl. = Kleinbahn; Br. = Bremsberg.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Leobner Bergmannstag 1937) und dann in Sonderheit für die albanischen, bosnischen und anderen Chromerzgebiete angewendet — Arbeiten des Genannten in der erwähnten „Chromerzgeologie" — hat in den Ergebnissen unserer Aufnahmen der Chalkidike Bestätigung und neue Gesichtspunkte erbracht. Die grandiose Entwicklung eines magmatischen Zonenbaues über 200 km Länge im Streichen, von Ormiglia bis Lojane, reiht sich an die bekannte magmatische Großschichtung der basischen Ge-

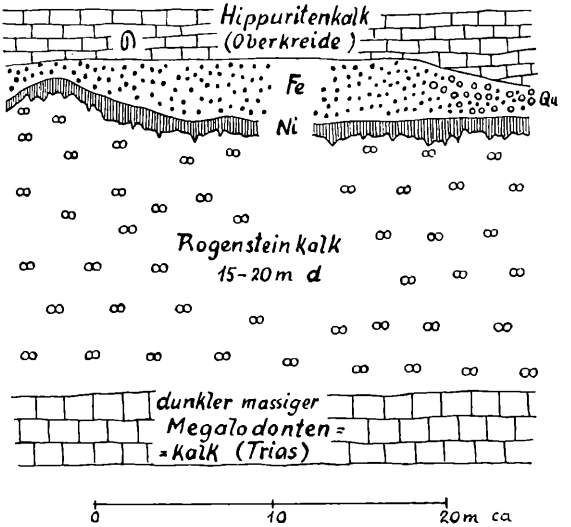


Abb. 4. Nickelerzvorkommen von Marmeiko bei Larymna.

Ni = Nickelreiches Erzflöz an der Basis, örtlich nach Art von Karstschloten in den Liegendkalk reichend; Ni-gehalt im Durchschnitt 2,5—3% bei Mächtigkeit (d) = 0,7—1 m.
Fe = Nickelarmer Eisenpisolith, 0,5—1% Ni, 30—38—40% Fe, bei 3—4 m Mächtigkeit (d).
Qu = Örtliche Geröllagen (Erosionsrinnen).

steine des Bushveld—Igneous-Komplexes in Rhodesien an. Auch dort magmatische Schichtung über 400—500 km Weiten gespannt, Ausscheidung richtig flözartiger Chromerzbildungen, dünn gegliedert, mit erstaunlicher Regelmäßigkeit konform eingebettet in pyroxenitische, noritische und anorthositische Gesteins-„flöze".

Was die Verwitterungslagerstätten der basischen Gesteine betrifft — entstanden aus Anreicherung der geringen Metallgehalte Ni, Co und Cr in den primären Gesteinen —, lassen sich aus dem Studium des mittelgriechischen Nik-

kelerzvorkommens (Abb. 3 und 4)[1] ebenfalls regionalgeologische Zusammenhänge und Ausblicke gewinnen. Wir erwähnen nur kurz: Verbreitung dieses Lagerstättentypus von den Alpen an über den ganzen Balkanraum als Folge einer langdauernden semiariden Periode voroberkretazischer tiefgründiger Landverwitterung. Weltweite genetische Beziehungen zu ähnlichen Erzbildungen im Südural, Kuba, Indien usw. Unterscheidbarkeit verschiedener Untertypen dieser Lagerstätten:

a) Autochthoner Typus der Nickelerzvorkommen, ohne Umlagerung in bewegtem Wasser: Ni-erzvorkommen bei Orsk im Südural; 1% Nickel durchschnittlich in oberflächigen Zersetzungsschichten des Serpentins. Die zugehörigen Eisenkonzentrationen seitlich abgeschwemmt in jüngere Schichten, einige Kilometer entfernt — Eisenlagerstätten Khalilovo bei Orsk.

b) Relativ autochthoner Typus, noch über Serpentin gelagert, doch umgeschwemmt; Nickel und Eisenkonzentration in einem annähernd gleichartig gebauten Fe-Pisolithhorizont enthalten: Karditsa in Mittelgriechenland als Lagerstätte von nickelarmem pisolithischem Eisenerz. Auch Veles in Mazedonien. Die albanischen Vorkommen.

c) Kombinierter Typus, Nickel- und Fe-Erzlagerstätte: Erzzug Marmeiko—Larymna in Mittelgriechenland mit schmalem, nickelreichem Fe-Erzflöz an der Basis, dickem, nickelarmem Fe-Pisolith darüber, eingeschaltet in serpentinnahe jüngere Schichten. Die Teilung in liegendes weicheres Nickelerzflöz und hangendes kompakteres Eisenerzflöz scheint Ausdruck eines natürlichen — chemischen und mechanischen — Aufbereitungsvorganges während des Transportes zu sein. Spätere, zweitsekundäre Umsetzungen im Nickelerzflöz erzeugen lokale Erzanreicherungen.

Ein vierter Typus, autochthon, Vereinigung von nickelreicher Verwitterungszone und nickelarmem Eisenerzhorizont übereinander, ohne Umschwemmung noch über Serpentin gelagert, wäre vielleicht denkbar, ist uns aber nicht bekanntgeworden.

[1] Auf die jüngste Bearbeitung der Geologie dieser Vorkommenbereiche durch W. E. Petraschek, Berg- u. Hüttenm. Monatshefte Bd. 96, H. 4, Leoben-Wien 1951, konnte nicht mehr Bezug genommen werden.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hiessleitner u. Clar (1943):

Unsere geologische Aufnahme von Ausschnitten der Chalkidike

(Die basischen Gesteinszüge).

0 — 10 Km

N

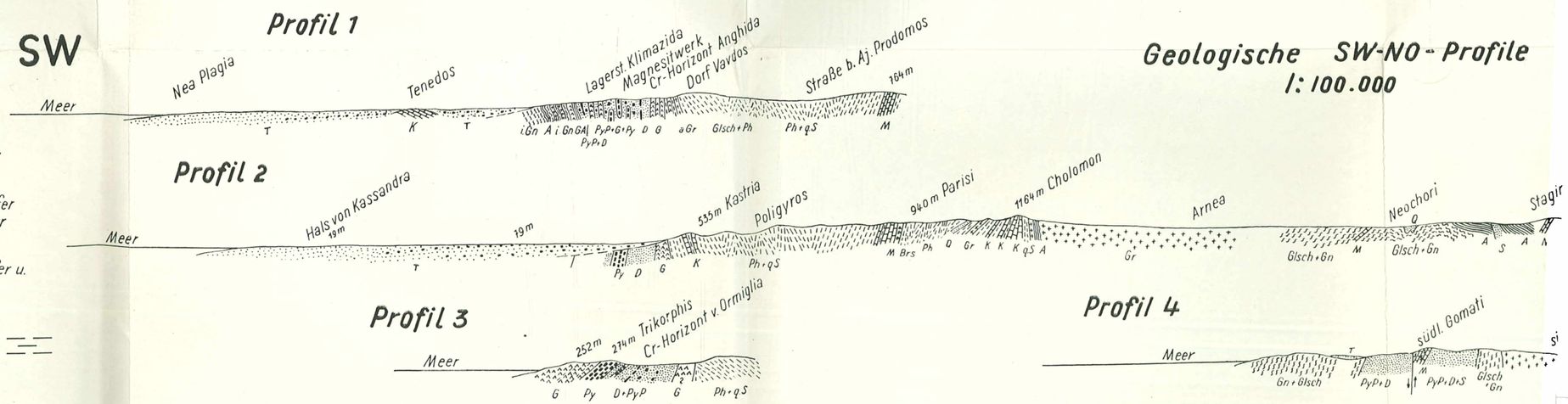
Sedes (Bad) · Wasilika · Epamoni · Galatista ~500m · Aj. Prodromos ~450 · Vavdos · Tenedos · Nea Plagia · Polijiros ~500 · Kastria · Lichnias · Palrophilaki · Jerakini · Ormiglia · Arnea · Paleochori · Neochori · Cholomon · Megal Panajia · Gomation · Wrachoto · Metamorphosis · Nikitas · Halbinsel Kassandra · Kanal · Golf von Kassandra · Halbinsel L...

Profil 1 · Profil 2 · Profil 3 · Prof. 4

Zeichenerklärung

- D Dunit u. S Serpentin (i. Allg.)
- PyP Pyroxenperidotit
- Py Pyroxenit
- G Gabbro
- 1-10 Chromerzvorkommen
- M Magnesitgruben
- Gr Granite
- aGr aplitischer Granit u. Pegmatit
- q Quarztrachyt b. Stratoni
- A Amphibolite
- Gn Gneise u. Gl. Glimmersch.
- i. Gn Injizierte Gneise
- Ph Phyllite u. phyllit. Schiefer
- qu S quarzitische Schiefer
- Q Quarzite
- K Krist. Kalke, Kalkschiefer u. M Marmore
- Brs Breccienschiefer
- T Tertiäre Schuttabsätze
- Streichen und Fallen

Geologische SW-NO-Profile 1:100.000



©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sedes (Bad)
Wasilika
Galatista ~500m
Aj. Prodromos ~450
Vavdos
Tenedos
Nea Plagia
Polijros ~500
Kastria
Lichnias
Paliophilaki
Jerakini
Ormiglia
Wrachoto
Cholomon
Arnea
Paleochori
Neochori
Stratonion
Megal Panajia
Gomation ~200
Develikia
Jerissos
Tripiti
Insel Amuliani
Halbinsel Athos
Golf von Jerissos
Golf des Ajion Oros
Halbinsel Longos
Metamorphosis
Nikitas
Golf von Kassandra
Halbinsel Kassandra
Kanal
Profil 1
Profil 2
Prof. 3
Prof. 4

Geologische SW-NO-Profile
1:100.000

NO

Profil 1

Nea Plagia — Tenedos — Lagerst. Klimazida — Magnesitwerk — Cr-Horizont Anghida — Dorf Vavdos — Straße b. Aj. Prodomos 164m

Profil 2

Meer — Hals von Kassandra 19m — 19m — 535m Kastria — Poligyros — 940m Parisi — 1164m Cholomon — Arnea — Neochori — Stagira 867m — Meer

Profil 3

Meer — 252m — 274m Trikorphis — Cr-Horizont v. Ormiglia

Profil 4

Meer — südl. Gomati — südl. Klisuri — Meer